

STUDI PERBANDINGAN EFISIENSI BAHAN PADA PEMBUATAN ANTENA HORN SEKTORAL BIDANG MEDAN LISTRIK (E)

Budi Aswoyo

Dosen Teknik Telekomunikasi

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS, Surabaya 60111

Email: budias@eepis-its.edu

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan studi perbandingan efisiensi bahan pada pembuatan Antena Horn Sektoral Bidang Medan Listrik (Bidang-E). Metodenya, antena-antena tersebut dibuat dari beberapa bahan konduktor, yakni dari bahan seng, aluminium, dan tembaga, dengan ukuran yang sama, dan masing-masing diukur direktivitas dan gainnya. Rasio antara direktivitas dan gain merupakan nilai efisiensi dari masing-masing antena. Ketiga antena tersebut dirancang untuk dapat beroperasi pada jaringan *wireless* LAN 2,4 GHz. Dari hasil pengukuran direktivitas masing-masing antena dari bahan seng, aluminium, dan tembaga, berturut-turut diperoleh direktivitas sebesar 13,48 dB, 14,01 dB, dan 14,69 dB. Selanjutnya dengan pengukuran gain dengan metode perbandingan, diperoleh gain dari ketiga antena dari bahan seng, aluminium dan tembaga sebesar 10,15 dB, 12,15 dB dan 13,15 dB. Sehingga diperoleh efisiensi bahan dari pembuatan antena Antena Horn Sektoral Bidang-E dari bahan seng, aluminium dan tembaga, masing-masing sebesar 46,45 %, 65,15 %, dan 69,97 %.

Kata kunci – Efisiensi, Antena Horn Sektoral Bidang-E, *Wireless* LAN 2,4 GHz

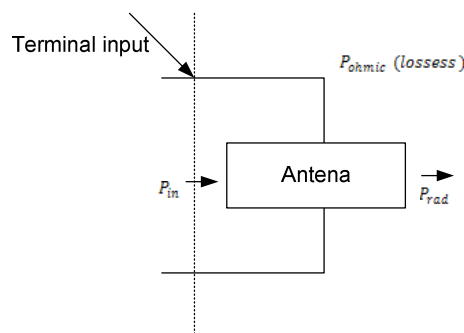
1. LANDASAN TEORI

1.1 Teori Efisiensi Antena

Gambar 1 menunjukkan teori tentang efisiensi antena. Ketika antena dicatu oleh suatu daya masukan P_{in} di terminal input, maka daya tersebut tidak akan seluruhnya dipancarkan oleh antena ke udara. Faktor rugi-rugi antena yang disebabkan oleh bahan, sangat berpengaruh terhadap efisiensi antena.

Dengan teori saluran transmisi, daya masukan P_{in} yang masuk terminal antena akan terbagi menjadi dua bagian, yaitu P_{rad} dan P_{ohmic} [1],

$$P_{in} = P_{rad} + P_{ohmic} \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 1. Teori efisiensi antena

Dimana:

P_{rad} : daya radiasi yang dipancarkan oleh suatu antena;

P_{ohmic} : daya akibat rugi-rugi oleh bahan dari antena

Sedangkan P_{ohmic} dapat dinyatakan sebagai

$$P_{ohmic} = I^2 R_{ohmic} \dots \dots \dots (2)$$

Definisi efisiensi antena dapat dinyatakan dengan persamaan

$$e = \frac{P_{rad}}{P_{rad} + P_{ohmic}} \dots \dots \dots (3)$$

Nilai efisiensi antena antara 0 sampai dengan 100 %.

Untuk mencari pendekatan efisiensi antena yang berbasis pada *waveguide*, maka harus dicari dari asumsi rugi-rugi (losses) yang terjadi pada *waveguide* [2]. Jika konduktivitas bahan dielektrik pengisi *waveguide* sangat kecil (mendekati nol) dan/atau konduktivitas konduktor dinding *waveguide* tidak tak berhingga (noninfinite), maka gelombang akan teredam secara eksponensial selama perambatan dalam *waveguide*.

Untuk mode TE_{10} , pendekatan rugi-rugi dielektrik (*dielectric loss*) dan rugi-rugi dinding *waveguide* dinyatakan sebagai berikut. Rugi-rugi dielektrik yang diisikan pada *waveguide* pada frekuensi operasi f tertentu dinyatakan dengan [3] ,

$$\alpha_d = \frac{\left(\sqrt{\frac{\mu_d}{\epsilon_d}}\right) \sigma_d}{2 \sqrt{1 - (f_{c10}/f)^2}} = \frac{1}{2} \eta TE_{10} \sigma_d \dots (4)$$

dengan,

μ_d : permeabilitas dielektrik pengisi *waveguide*.

ϵ_d : permitivitas dielektrik pengisi *waveguide*.

σ_d : konduktivitas dielektrik pengisi *waveguide*.

f_{c10} : frekuensi cut off mode TE_{10} .

ηTE_{10} : impedansi *waveguide* mode TE_{10} .

Jika *waveguide* berisi udara ($\sigma_d = \sigma_{udara} \cong 0$), maka rugi-rugi dielektrik $\sigma_d \cong 0$). Sehingga rugi-rugi *waveguide* terjadi hanya karena bahan dinding.

Rugi-rugi dinding *waveguide*, berkaitan dengan jenis bahan dinding *waveguide* dan frekuensi kerja operasi f , dinyatakan dengan [1]

$$R_{ohmic} = \sqrt{\pi f \mu_w / \sigma_w} \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

μ_w = permeabilitas bahan dinding *waveguide*, dan

σ_w = konduktivitas bahan dinding *waveguide*.

Sedangkan berdasarkan persamaan (5), maka P_{ohmic} dinyatakan dengan

$$P_{ohmic} = I^2 R_{ohmic} = I^2 \dots \dots \dots (6)$$

Sehingga rumusan efisiensi antenna dinyatakan dengan :

$$e = \frac{P_{rad}}{P_{rad} + [I^2 (\sqrt{\pi f \mu_w / \sigma_w})]} \dots \dots \dots (7)$$

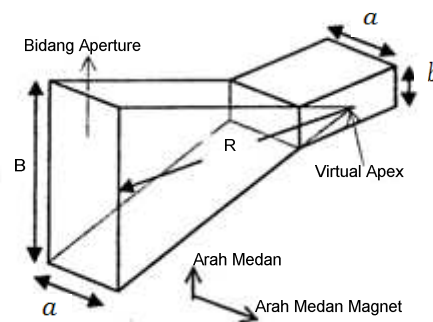
Persamaan (7), dapat dijadikan pendekatan untuk menentukan efisiensi antenna berbasis *waveguide* yang dididangnya dari bahan tertentu. Berdasarkan persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai konduktivitas bahan dinding suatu antenna, maka semakin tinggi nilai efisien suatu antenna. Sebagai ilustrasi, jika antenna tersebut terbuat dari bahan dielektrik sempurna ($\sigma_w \approx 0$), maka nilai efisiensi $e \approx 0$. Artinya antenna tersebut sama sekali

tidak dapat meradiasikan gelombang radio sesuai dengan yang diharapkan. Sebaliknya, jika dinding antenna terbuat dari bahan super konduktor ($\sigma_w \approx \infty$), maka nilai efisiensi $e \approx 100$ %. Artinya antenna tersebut akan meradiasikan gelombang radio dengan sempurna, tanpa rugi-rugi ohmik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pernyataan gain antenna memuat rugi-rugi ohmik dari bahan antenna, sedangkan untuk direktivitas antenna tidak memuat rugi-rugi [2].

1.2. Antena Horn Sektoral Bidang-E

Antena Horn Sektoral Bidang-E adalah antenna horn berbentuk persegi yang mana Mulut dari antenna ini melebar ke arah medan listriknya (E). Dimensi pelebaran ini dinyatakan dengan b_1 . Antena ini dicatu oleh saluran pandu gelombang persegi (rectangular waveguide) dengan dimensi penampang $a \times b$ (a = panjang penampang; b = lebar penampang). Dimensi dari bidang medan magnet sama dengan panjang penampang saluran pandu gelombang pencatunya, yaitu a . Jarak R diukur dari virtual apex dari horn ke bidang aperture-nya. Bentuk dan konstruksi dari antenna horn sektoral bidang E dapat dilihat pada Gambar 2 [4].



Gambar 2. Geometri Antena Horn Sektoral Bidang-E

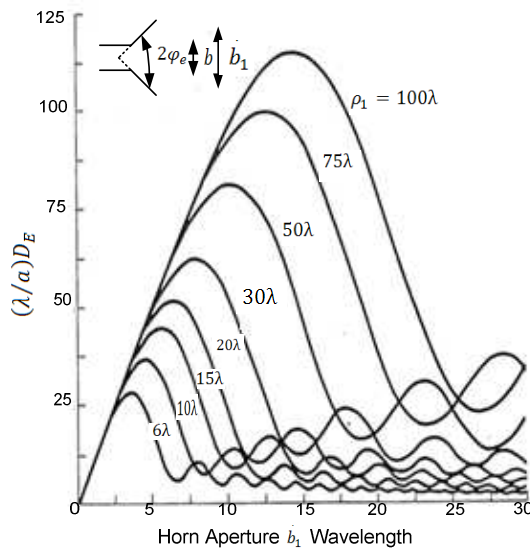
Direktivitas dari antenna horn sektoral bidang-E berdasarkan dimensinya dapat ditunjukkan pada Gambar 3. Ketika sudut pelebaran semakin meningkat, direktivitas Antena Horn Sektoral Bidang-E juga semakin meningkat hingga mencapai nilai *maximum*. Dan ketika melewati nilai *maximum* maka nilai direktivitas akan menurun.

Directivity dari horn sektoral bidang-E dapat diperoleh dengan persamaan [4]:

$$D_E = \frac{a}{\lambda} \frac{G_E}{\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}} \dots \dots \dots (8)$$

$$B = \frac{b_1}{\lambda} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \dots \dots \dots (9)$$

$$G_E = \frac{32}{\pi} B \dots \dots \dots (10)$$



Gambar 3. Normalisasi *directivity* pada Antena Horn Sektoral Bidang – E [4]

dimana :

- b_1 : pelebaran dimensi pandu gelombang kearah medan listrik (cm)
- λ : panjang gelombang (cm).
- a : dimensi panjang waveguide (cm)

1.3 Waveguide Persegi

Waveguide persegi adalah pandu gelombang dengan penampang persegi dan model ini sering digunakan dalam praktik. Hal ini disebabkan karena perencanaan, analisa serta pembuatan relatif mudah. Dalam analisisnya, waveguide persegi memberikan hasil yang sederhana dengan menggunakan koordinat siku-siku (*kartesian*).

Pada waveguide persegi menggunakan mode TE_{10} . Frekuensi *cut-off* pada waveguide persegi adalah [3]:

$$f_c = \frac{1}{2a\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

- a : dimensi panjang waveguide.
- μ : permeabilitas.
- ϵ : permitivitas

Panjang gelombang dalam waveguide dapat dituliskan [3] :

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2}} \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

- λ : panjang gelombang diruang hampa (cm).
- λ_0 : Panjang Gelombang cut off ($\lambda_0 = 2a$).

2. PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA HORN SEKTORAL BIDANG-E

Dari rumus-rumus di atas, dapat direncanakan suatu antena Horn Sektoral Bidang-E yang dapat bekerja secara optimum. Ada beberapa ketentuan yang harus diperhatikan dalam perencanaan antena tersebut :

- ♦ Antena ini dicatu dengan *rectangular waveguide* (pandu gelombang yang berbentuk persegi) tipe WR340 dengan ukuran $a = 8,636$ cm dan $b = 7$ cm.
- ♦ Antena ini akan direncanakan dalam keadaan optimum, artinya ukurannya menghasilkan *gain* yang maksimum.
- ♦ Antena ini direncanakan mempunyai direktivitas tertentu.

Antena Horn Sektoral Bidang-E yang telah dibuat merupakan hasil dari perencanaan yang ada, dapat dilihat pada Gambar 4.

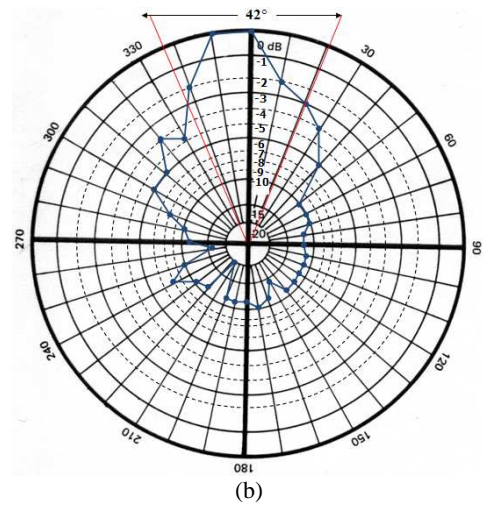
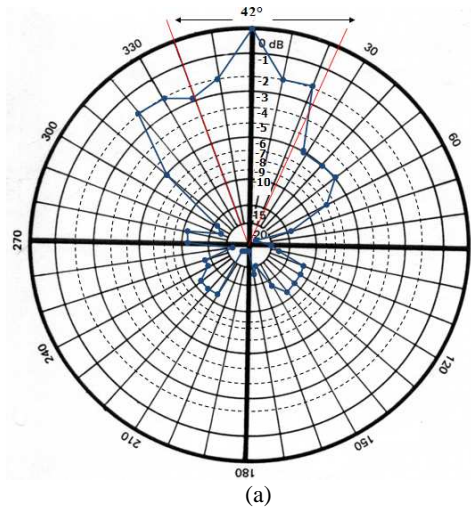


Gambar 4. Antena Horn Sektoral Bidang-E dengan bahan seng, aluminium dan tembaga

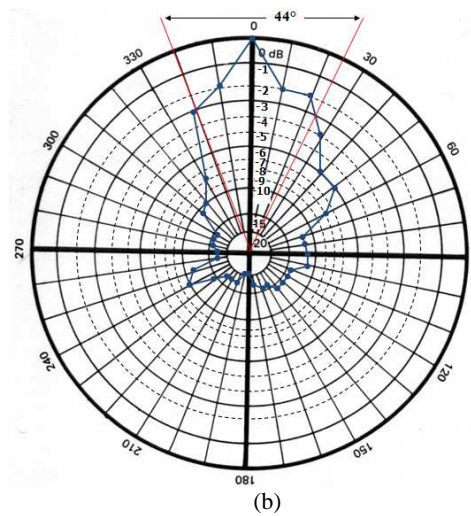
3. PENGUKURAN PARAMETER ANTENA DAN PERHITUNGAN EFISIENSI

Untuk mendapatkan nilai efisien antena, terlebih dahulu harus dilakukan pengukuran dan perhitungan parameter-parameter antena yang meliputi: pola radiasi, direktivitas dan gain antena. Pengukuran dilakukan di ruang *An-echoic Chamber* PENS-ITS.

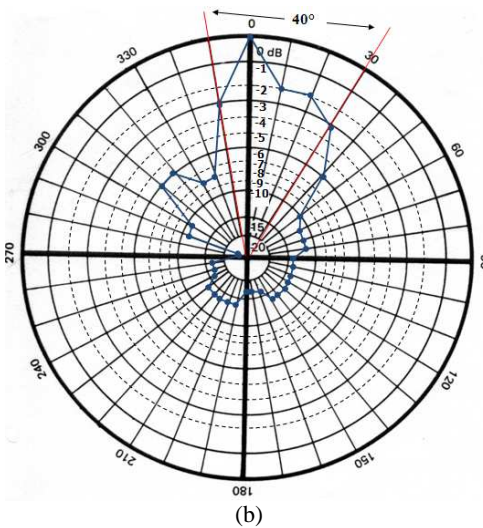
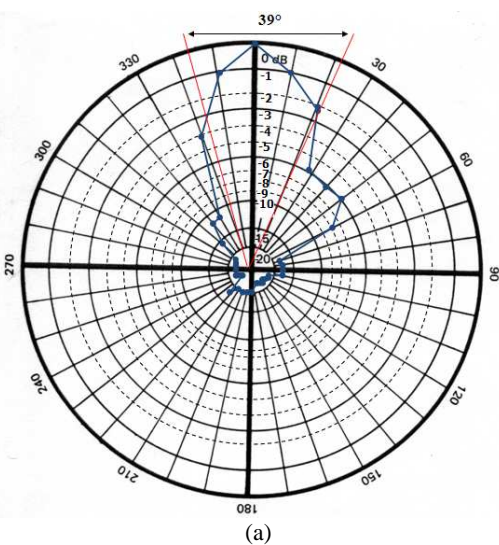
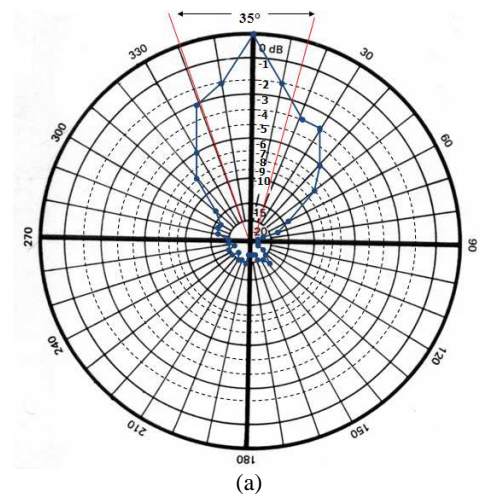
Pengukuran pola radiasi dilakukan pada pola radiasi bidang-H dan bidang-E Hasil pengukran pola radiasi untuk antena dengan bahan seng, almunium, dan tembaga berturut-turut, diberikan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 6. Pola radiasi Antena Horn Sektoral Bidang-E pada bahan aluminium
(a) Bidang-E (vertikal)
(b) Bidang-H (horisontal)



Gambar 5. Pola radiasi Antena Horn Sektoral Bidang-E pada bahan seng
(a) Bidang-E (vertikal)
(b) Bidang-H (horisontal)



Gambar 7. Pola radiasi Antena Horn Sektoral Bidang-E pada bahan tembaga
(a) Bidang-E (vertikal)
(b) Bidang-H (horisontal)

Parmater direktvitas suatu antenna dapat dihitung dengan menggunakan pola radiasi yang dihasilkan pada pengukuran pola radiasi bidang-E dan bidang-H. Sudut setengah daya dapat dicari dengan menggunakan gambar pola radiasi. Dengan menandai titik -3 dB pada pola radiasi kemudian menarik sudut pada titik tersebut. Persamaan untuk menghitung direktivitas dapat menggunakan rumus [4]:

$$D = \frac{4\pi A_e}{\theta_H \theta_E} \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

θ_H : sudut pada titik setengah daya bidang-H (radian)

θ_E : sudut pada titik setengah daya bidang-E (radian)

Dengan menggunakan rumus (11) dan berdasarkan Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7, maka direktivitas dari antenna dari bahan seng, almunium, dan tembaga dapat dihitung, dan hasilnya berturut-turut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan direktivitas

No	Bahan Antena	Nilai direktivitas (dB)
1.	Seng	13,48
2.	Aluminium	14,01
3.	Tembaga	14,69

Pada pengukuran *gain* diperlukan antenna standar atau yang dianggap standard sebagai pembanding. Dalam hal ini, yang dianggap sebagai antenna standar adalah anena pada USB adapter dengan asumsi gain sebesar 2,15 dB. Untuk menghitung gain pada pengukuran dapat menggunakan rumus berikut:

$$G_t(dB) = P_t(dBm) - P_s(dBm) + G_s(dB) \dots\dots(12)$$

Hasil pengukuran dan perhitungan gain berdasarkan rumus (12) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran gain

No	Bahan Antena	Level Penerimaan		Gain (dB)
		Antena Horn Sektoral Bidang E (Pt)(-dBm)	USB adapter wifi (Ps)(-dBm)	
1.	Seng	-36	-44	10,15
2.	Aluminium	-34	-44	12,15
3.	Tembaga	-33	-44	13,15

Terakhir, perhitungan efisiensi antenna dapat dilakukan dengan membandingkan gain pada antenna dan directivitas. Persamaan untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan rumus [4] :

$$\epsilon = \frac{G}{D} \times 100\% \dots\dots\dots(13)$$

Dimana: G = gain antenna (tanpa satuan) dan D = direktivitas antenna (tanpa satuan).

Dari nilai direktivitas pada Tabel 1 dan gain pada Tabel 2, maka efisien antenna dapat dihitung dengan Persamaan (13), dan hasilnya dipaparkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi antenna

No.	Bahan Antena	Efisiensi
1.	Seng	46,45 %
2.	Aluminium	65,15 %
3.	Tembaga	69,97 %

4. DISKUSI

Dari pengukuran pola radiasi pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 dapat diketahui pada Antena Horn Sektoral Bidang-E untuk semua bahan, baik seng, almunium, dan tembaga mempunyai level penerimaan gelombang tertinggi berada pada posisi 0°. Hal ini dapat dinyatakan bahwa antenna ini bersifat direksional. Level sinyal yang ditangkap akan terus berkurang pada saat setiap putaran 10°. Karena pada kondisi saat ini antenna tidak mengarah pada pemancar (*Acces Point*). Pada posisi antenna 180°, antenna masih menangkap sinyal yang dipancarkan *Access Point*, namun level sinyal yang terekam sangatlah kecil.

Dapat dilihat HPBW pada posisi bidang-E (vertikal) lebih lancip daripada HPBW pada posisi bidang-H (horisontal). karena kebanyakan antenna *omni directional* yang menyebarkan sinyal *wireless* pada *hotspot* dipasang secara vertikal.

Hasil pengukuran dan perhitungan direktivitas menunjukkan bahwa antenna dengan bahan seng bernilai 13,48 dB, antenna dengan bahan aluminium bernilai 14,01 dB dan antenna dengan bahan tembaga bernilai 14,69 dB. Ketiga antenna tersebut mempunyai nilai pengarahannya yang hampir sama. Sehingga dari ketiga antenna mempunyai daya pancar sama.

Dari hasil pengukuran gain antenna pada Tabel 2, gain pada antenna dengan bahan seng sebesar 10,15 dB, bahan aluminium 12,15 dB dan bahan tembaga 13,15 dB. Konduktivitas bahan sangat berpengaruh gain yang dihasilkan. Bila konduktivitas suatu bahan relatif semakin besar, maka semakin besar gain yang didapatkan.

Dari hasil perhitungan efisiensi yang dipaparkan pada Table 3, terlihat bahwa nilai efisiensi antenna dengan bahan seng yang mencapai 46,45 %, bahan aluminium mencapai 65,15 %, dan bahan tembaga lebih besar mencapai 69,97 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai konduktivitas suatu bahan mempengaruhi efisiensi pada antenna. Semakin tinggi nilai

konduktivitas bahan, semakin besar nilai efisiensi suatu antenna. Pada bahan seng mempunyai nilai konduktivitas sebesar $1,7 \times 10^7$ mho/meter, bahan aluminium mempunyai nilai konduktivitas sebesar $3,5 \times 10^7$ mho/meter dan pada bahan tembaga mempunyai nilai konduktivitas $5,7 \times 10^7$ mho/meter.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran pola radiasi pada Antena Horn Sektoral Bidang-E dengan bahan seng memiliki nilai HPBW sebesar 44° pada bidang-H, dan 42° pada bidang-E dengan direktivitas sebesar 13,48 dB, antenna dengan bahan aluminium pada bidang-H mempunyai nilai HPBW sebesar 42° dan pada bidang-E sebesar 39° dengan direktivitas sebesar 14,01 dB, dan pada antenna dengan bahan tembaga pada bidang-H mempunyai nilai HPBW sebesar 40° dan pada bidang-E sebesar 35° dengan direktivitas sebesar 14,69 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pola rediasi ketiga antenna tersebut bersifat direksional.

Gain antenna dengan bahan seng sebesar 10,15 dB, dengan bahan aluminium sebesar 12,15 dB, dan bahan tembaga sebesar 13,15 dB.

Nilai efisiensi antenna dengan bahan seng mencapai 46,45 %, bahan aluminium mencapai 65,15 %, dan bahan tembaga lebih besar mencapai 69,97 %. Nilai ini berkaitan dengan konduktivitas bahan, semakin tinggi konduktivitas bahan, semakin tinggi efisiensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Joseph A. Edminister Schaum's Outline Of, theory and problems of electromagnetic, second edition, 1988.
- [2] Fawwaz T. Ulaby, *Fundamental Of Applied Electromagnetics, International Editional*, 2001.
- [3] Muhammad Milchan, Mr. Miura, Transmisi Gelombang Mikro, PENS-ITS, Surabaya, 1999.
- [4] Balanis, C. A., *Antenna Theory: Analysis and Design, Third Edition*, John Willey and sons, New York, 2005.
- [5] Budi Aswoyo, *Perancangan Optimasi dan Implementasi Antenna Horn Sektoral Bidang-E pada Frekuensi Band-X*, PENS-ITS, Surabaya, 2002.